

corr. USSN 09/755,676

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-221680

(43)Date of publication of application : 09.08.2002

(51)Int.Cl.

G02B 26/08

(21)Application number : 2001-385561

(71)Applicant : HEWLETT PACKARD CO &lt;HP&gt;

(22)Date of filing : 19.12.2001

(72)Inventor : MCCLELLAND PAUL H  
PAN ALFRED

(30)Priority

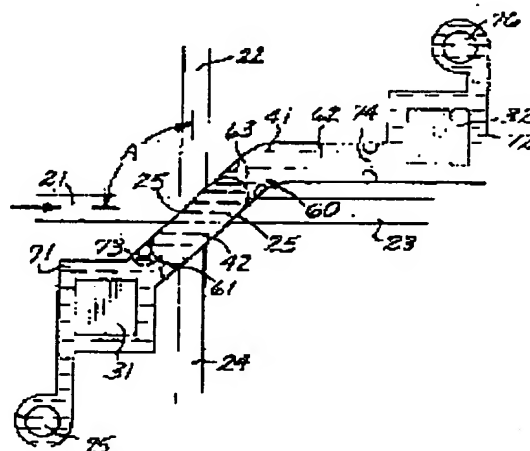
Priority number : 2001 755676 Priority date : 05.01.2001 Priority country : US

## (54) THERMO-OPTICAL SWITCHING ELEMENT AND LIGHT BEAM SWITCHING METHOD

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a highly reliable thermo-optical switching element and light beam switching method.

SOLUTION: The device is equipped with a switching pipe line 60 constituted of a first and second chambers 61, 62, optical channels 21-24 interfaced with the first chamber 61, an actuating fluid 41 arranged in the switching pipe line 60 and having a refractive index matched to the optical channels, an optical path changing liquid 42 composed of a substance essentially unmixable with the actuating fluid 41, arranged inside the switching pipe line 60 and having a refractive index different from that of the actuating fluid 41, and thermal pressure generating devices (31, 32, 71, 72) connected to the switching pipe line 60 in a fluidly communicating state to move the optical path changing liquid 42 between the first and the second chambers 61, 62. The performance of the thermo-optical switching element is decided by the position of the optical path changing liquid 42 in the switching pipe line 60.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 19.12.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-221680

(P2002-221680A)

(43) 公開日 平成14年8月9日(2002.8.9)

(51) Int.Cl.

G 0 2 B 26/08

識別記号

F I

G 0 2 B 26/08

テマコード(参考)

H 2 H 0 4 1

審査請求 有 請求項の数15 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願2001-385561(P2001-385561)

(22) 出願日 平成13年12月19日(2001.12.19)

(31) 優先権主張番号 09/755676

(32) 優先日 平成13年1月5日(2001.1.5)

(33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 398038580

ヒューレット・パカード・カンパニー

HEWLETT-PACKARD COMPANY

アメリカ合衆国カリフォルニア州パロアルト ハノーバー・ストリート 3000

(72) 発明者 ポール・エイチ・マックレランド

アメリカ合衆国オレゴン州97361, モンマウス, カーバー・ロード 20225

(74) 代理人 100099623

弁理士 奥山 尚一 (外2名)

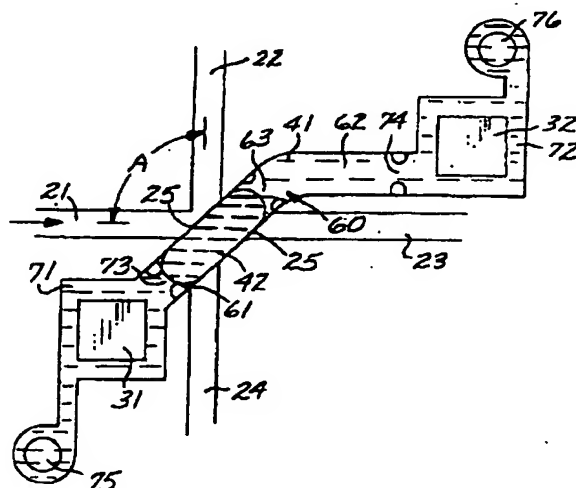
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 熱光学スイッチング素子及び光線スイッチング方法

(57) 【要約】

【課題】 信頼性の高い熱光学スイッチング素子及び光線スイッチング方法を提供する。

【解決手段】 第1及び第2のチャンバ61、62で構成されるスイッチング管路60と、第1のチャンバ61にインタフェースしている複数の光チャネル21~24と、スイッチング管路60内に配置され、光チャネルに整合した屈折率を有する作動流体41と、作動流体41と実質的に混和し得ない物質から成り、スイッチング管路60内に配置されかつ作動流体41とは異なる屈折率を有する光路変更液体42と、スイッチング管路60に液通状態で接続されて、光路変更液体42を第1及び第2のチャンバ61、62間において移動させる熱式圧力発生装置(31、32、71、72)とをそれぞれ備え、熱光学スイッチング素子の状態が、スイッチング管路60における光路変更液体42の位置によって決められるようにする。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】(a) 第1のチャンバと、前記第1のチャンバに相互接続された第2のチャンバとで構成されるスイッチング管路と、(b) 前記スイッチング管路の第1のチャンバにインタフェースしている複数の光チャネルと、(c) 前記スイッチング管路内に配置され、前記光チャネルに整合した屈折率を有する作動流体と、

(d) 前記作動流体と実質的に混和し得ない物質から成り、前記スイッチング管路内に配置されかつ前記作動流体とは異なる屈折率を有する光路変更液体と、(e)

前記スイッチング管路に液通状態で接続されて、前記光路変更液体を前記第1のチャンバと前記第2のチャンバとの間において移動させる熱式圧力発生装置と、をそれぞれ備え、熱光学スイッチング素子の状態が、前記スイッチング管路における前記光路変更液体の位置によって決められるようにしたこと、を特徴とする熱光学スイッチング素子。

【請求項2】前記熱式圧力発生装置は、(f) 前記第1のチャンバに液通状態で接続されて、前記光路変更液体を前記第1のチャンバから前記第2のチャンバに移動させるように仕向ける第1の熱式圧力発生機構と、

(g) 前記第2のチャンバに液通状態で接続されて、前記光路変更液体を前記第2のチャンバから前記第1のチャンバに移動させるように仕向ける第2の熱式圧力発生機構と、をそれぞれ含むことを特徴とする請求項1に記載の熱光学スイッチング素子。

【請求項3】前記第1の熱式圧力発生機構は、前記作動流体の一部を選択的に気化して駆動気泡を形成すると共に、前記第2の熱式圧力発生機構は、前記作動流体の一部を選択的に気化して駆動気泡を形成することを特徴とする請求項2に記載の熱光学スイッチング素子。

【請求項4】前記第1の熱式圧力発生機構は、第1のヒータ抵抗器及び第1の圧力発生チャンバを含むと共に、前記第2の熱式圧力発生機構は、第2のヒータ抵抗器及び第2の圧力発生チャンバを含むことを特徴とする請求項1に記載の熱光学スイッチング素子。

【請求項5】前記第1のヒータ抵抗器及び前記第2のヒータ抵抗器は、集積回路抵抗器から成ることを特徴とする請求項4に記載の熱光学スイッチング素子。

【請求項6】前記スイッチング管路、前記第1の熱式圧力発生機構、及び前記第2の熱式圧力発生機構は、光導波路プレート内に形成されていることを特徴とする請求項4に記載の熱光学スイッチング素子。

【請求項7】前記作動流体は、(a) メタビロール、(b) 混合アルコール、及び(c) グリコールとアルコールとの混合物、のうちの少なくとも1つを含むことを特徴とする請求項4に記載の熱光学スイッチング素子。

【請求項8】前記作動流体は、さらに水を含むことを特徴とする請求項7に記載の熱光学スイッチング素子。

【請求項9】前記光路変更液体は、水銀を含むことを

特徴とする請求項4に記載の熱光学スイッチング素子。

【請求項10】前記光路変更液体は、低温液体合金を含むことを特徴とする請求項4に記載の熱光学スイッチング素子。

【請求項11】前記光路変更液体は、ポリシリコンの液体を含むことを特徴とする請求項4に記載の熱光学スイッチング素子。

【請求項12】前記光路変更液体は、ハロゲン化炭化水素の液体を含むことを特徴とする請求項4に記載の熱光学スイッチング素子。

【請求項13】前記光路変更液体は、(a) プロモホルム、(b) クロロホルム、及び(c) ポリフッ素化ポリエーテルの液体、のうちの1つを含むことを特徴とする請求項4に記載の熱光学スイッチング素子。

【請求項14】(A) 作動流体内に圧力発生気泡を選択的に形成して、第1の流体チャンバと第2の流体チャンバとの間において一塊のスイッチング液体を移動するステップと、(B) 第1の光チャネル内の光線を前記第1の流体チャンバに結合するステップと、(C) 前記一塊のスイッチング液体が前記第1の流体チャンバ内にある場合には、前記光線の反射したものを、第2の光チャネルに結合するステップと、(D) 前記一塊のスイッチング液体が前記第2の流体チャンバ内にある場合には、前記光線の透過したものを、第3の光チャネルに結合するステップとをそれぞれ含むことを特徴とする光線スイッチング方法。

【請求項15】前記圧力発生気泡を選択的に形成するステップは、前記作動流体を選択的に加熱して圧力発生気泡を形成するステップを含むことを特徴とする請求項14に記載の光線スイッチング方法。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、一般にマイクロスイッチに関し、より詳細には、光学的双安定液体マイクロスイッチに関する。また、本発明は、特に、熱によって誘導した圧力パルスによって動作する双安定光スイッチ素子としての熱光学スイッチング素子及び光線スイッチング方法に関する。

【0002】

【従来の技術】電話及びデータ通信においては、光ファイバーが電線に取って代わりつつある。その理由は、光ファイバーは、提供する帯域幅が非常に高く、無線周波数のノイズの影響を受けず、電磁波障害をほとんど発生しないからである。光ファイバーのコストが下がるにつれて、光ファイバーの使用は、光信号経路の相互接続の構成を動的に再設定する切り替えが必要なアプリケーションへと拡張している。

【0003】光スイッチの既知の方法には、複数の光導波路のセグメント又はチャネルが交差する間隙において液体の存在又は不存在を熱によって制御することを

含むものがある。この方法は、例えば熱によって作動する複数の流体光スイッチを有する導波路基板と、導波路基板に隣接して配置されたヒータ基板とを含む光スイッチング回路において実施することができる。ヒータ基板は、例えば駆動気泡を形成して流体を導波路基板の間隙に出入りさせ、間隙が流体の存在又は不存在の機能として光を透過又は反射することによって、光スイッチを熱によって選択的に作動させるヒータ抵抗器のアレイを含んでいる。

【0004】この既知の方法を考察すると、信頼性を維持するためには、低レベルの一定のパワー又は気泡の状態を頻繁にリセットすることがどうしても必要である。また、「気泡のピンニング (bubble pinning)」(気泡がつぶれないようにすること)を繰り返すためには、頻繁に監視して基板温度を能動的に制御する必要がある。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】現在、信頼性の高い光スイッチが必要とされている。従って、本発明の目的は、信頼性の高い熱光学スイッチング素子及び光線スイッチング方法を提供することにある。

【0006】

【課題を解決するための手段】本発明は、第1のチャンバとこの第1のチャンバに相互接続された第2のチャンバとで構成されるスイッチング管路と、このスイッチング管路内に配置された作動流体と、この作動流体と混和し得ない物質から成る、スイッチング管路内に配置された光路変更スイッチング液体と、この光路変更スイッチング液体を第1のチャンバと第2のチャンバとの間を移動するように仕向けるための熱式圧力発生装置と、スイッチング管路の第1のチャンバにインタフェース(界面もしくは面交差)している複数の光チャンネルとをそれぞれ含む熱光学スイッチ(熱光学スイッチング素子)に向けられている。このような構造の熱光学スイッチの場合、熱光学スイッチの状態は、スイッチング管路における光路変更スイッチング液体の位置によって決まる。

【0007】当業者であれば、以下の詳細な説明を図面と共に読めば、本発明の利点及び特徴を容易に理解しよう。

【0008】

【発明の実施の形態】以下の詳細な説明及び図面のいくつかにおいて、同じ要素は同じ参照符号にて識別することとする。

【0009】図1は、本発明による、熱圧パルス(熱により発生される圧力パルス)によって作動する液体光スイッチの主要構成要素の概略断面図である。この光スイッチは、具体例として、クロスチャンネルスイッチアレイの要素として開示されている。光スイッチは、一般に、光導波路プレートもしくは光チャンネルプレート20と、ヒータ基板30と、ヒータ基板30と下部カバー50との間にある流体槽40とを含んでいる。光チャンネルプレ

ート20には、スイッチング管路もしくはチャンネル60が形成されており、このスイッチングチャンネル60は、スイッチチャンバ(第1のチャンバ)61と保持チャンバ(第2のチャンバ)62とを含んでいる。スイッチチャンバ61及び保持チャンバ62は、流量制限オリフィスもしくは液圧緩衝器63を介して流体的に相互接続されている。

【0010】光チャンネルプレート20には、スイッチチャンバ61に隣接して第1の圧力発生チャンバ71が形成されている。この第1の圧力発生チャンバ71は、流量制限オリフィス73を介してスイッチチャンバ61に液通している。また、光チャンネルプレート20には、第2のチャンバである保持チャンバ62に隣接して第2の圧力発生チャンバ72が形成されている。この第2の圧力発生チャンバ72は、流量制限オリフィス74を介して保持チャンバ62に液通している。第1の圧力発生チャンバ71は、さらに、流体槽40へと延びる流体供給路75に液通しており、第2の圧力発生チャンバ72は、さらに、流体槽40へと延びる流体供給貫通穴76に液通している。

【0011】ヒータ基板30には、第1の圧力発生チャンバ71に隣接して第1のヒータ抵抗器31が配置されており、ヒータ基板30には、また、第2の圧力発生チャンバ72に隣接して第2のヒータ抵抗器32が配置されている。例として、ヒータ基板30は、熱インクジェットの薄膜集積回路装置(アクティブ又はパッシブ)を含んでいる。また、上述の第1及び第2のヒータ抵抗器31、32は、例えば、集積回路抵抗器から成るものである。

【0012】図2及び図3に示すように、光チャンネルプレート20に形成される第1の光チャンネル(すなわちセグメント)21及び第2の光チャンネル(すなわちセグメント)22は、互いに同一の平面上にあり、スイッチチャンバ61に隣接する領域において交差し、さらに、スイッチチャンバ61の壁の一部である表面25においてスイッチチャンバ61にインタフェース(界面もしくは面交差)している。スイッチチャンバ61が、第1及び第2の光チャンネル21、22に整合した屈折率ではない屈曲率を有する光路変更スイッチング液体(光路変更流体)42をその内部に包含している場合には、第1及び第2の光チャンネル21、22のうちの一方の光チャンネルの中を伝わる光がスイッチチャンネル61の内部において反射して第1及び第2の光チャンネル21、22のうちの他方の光チャンネルに入るように、第1の光チャンネル21と第2の光チャンネル22との間の角度A、並びに、インタフェース表面すなわちスイッチチャンバ61の壁25の角度がそれぞれ選択される。実際には、光路変更スイッチング液体がスイッチチャンバ61内にある場合に内部反射を行うインタフェース表面25において、スイッチチャンバ61が第1の光チャンネル21と第2の光チャ

ネル 22 とに対して交差している。内部反射光線の所望の偏光によって決まるが、角度 (挟角; included angle)  $\theta$  は、図 3 に概略的に示すように、90 度より大きくてもよい。

【0013】光チャネルプレート 20 に形成されかつ第 1 の光チャネル 21 と同一の直線上にあるように形成された第 3 の光チャネル 23 は、スイッチチャンバ 61 にインタフェースしており、光チャネルプレート 20 に形成されかつ第 2 の光チャネル 22 と同一の直線上にあるように形成された第 4 の光チャネル 24 は、スイッチチャンバ 61 にインタフェースしている。このようにして、第 1 の光チャネル 21 と第 3 の光チャネル 23 との間の光路は、スイッチチャンバ 61 内の流体の屈折率によって制御され、第 2 の光チャネル 22 と第 4 の光チャネル 24 との間の光路もこれと同様である。

【0014】例として、各光チャネル 21, 22, 23, 24 は、光導波路もしくは光ファイバーを含んでいる。

【0015】流体槽 40、スイッチングチャネル 60、第 1 及び第 2 の注入チャンバ 71, 72、及び流体供給路 75, 76 には、光チャネルに整合した屈折率の熱により気化可能な作動流体 41 が配置されている。スイッチングチャネル 60 内には、作動流体 41 と実質的に混和し得ない液体であってかつ光チャネルに整合した屈折率でない屈折率を有する一塊の光路変更スイッチング液体 42 が、スイッチチャンバ 61 又は保持チャンバ 62 の一方のみを満たすのに十分な量だけ配置されている。言い換えれば、光路変更スイッチング液体 42 は、光チャネルに整合した作動流体 41 の屈折率とは異なる屈折率を有している。光路変更スイッチング液体 42 は、液体金属を含む、光の方向を変えることができる液体を含んでいてもよい。

【0016】作動中には、ヒータ抵抗器 31, 32 は、個々に通電される。これに伴い、関連する圧力発生チャンバ (71, 72) 内に配置された作動流体 41 の一部が急速に気化されて、駆動気泡 (drive bubble) が形成される。この駆動気泡によって、作動流体 41 は、気泡が形成された圧力発生チャンバから、これに隣接するスイッチング管路 60 のチャンバ (61, 62) 内に移動する。このような隣接するチャンバ (61, 62) 内に一塊の光路変更スイッチング液体 42 がある場合には、この一塊の光路変更スイッチング液体 42 は、スイッチング管路の他方のチャンバに押し込まれる。従って、一塊の光路変更スイッチング液体 42 は、スイッチチャンバ 61 と保持チャンバ 62 との間を移動することができ、スイッチの状態は、スイッチング管路 60 内における一塊の光路変更スイッチング液体 42 の位置によって規定される。

【0017】実際には、第 1 のヒータ抵抗器 31、それに関連する圧力発生チャンバ 71、及び圧力発生チャン

バ 71 内の作動流体 41 は、第 1 の圧力パルス発生装置を構成しており、第 2 のヒータ抵抗器 32、それに関連する圧力発生チャンバ 72、及び圧力発生チャンバ 72 内の作動流体は、第 2 の圧力パルス発生装置を構成している。これらの圧力パルス発生装置は、熱により誘導された圧力パルスを発生し、このようなパルスによって、一塊の光路変更スイッチング液体 42 が移動して、スイッチの状態を制御する。

【0018】一塊の光路変更スイッチング液体 42 がスイッチチャンバ 61 内にある場合には、スイッチが第 1 の状態にあると考えることができ、第 1 及び第 2 の光チャネル 21, 22 のうちの何れか一方の光チャネルの中をスイッチチャンバ 61 に向かって伝わる光は、インタフェース 25 において内部反射して、第 1 及び第 2 の光チャネル 21, 22 のうちの他方の光チャネルに入る。スイッチチャンバ 61 が、屈折率が整合した作動流体 41 のみを含む場合には、スイッチが第 2 の状態にあり、第 1 及び第 3 の光チャネル 21, 23 のうちの何れか一方の光チャネルの中をスイッチチャンバ 61 に向かって伝わる光は、スイッチチャンバ 61 を通って他方の光チャネルに入り、また、第 2 及び第 4 の光チャネル 22, 24 のうちの何れか一方の光チャネルの中をスイッチチャンバ 61 に向かって伝わる光は、スイッチチャンバ 61 を通って他方の光チャネルに入る。言い換えれば、チャンバ 61 内に光路変更スイッチング液体 42 が存在しなければ、第 1 のチャネル 21 と第 3 のチャネル 23 とは自由に連絡 (通信) し、第 2 のチャネル 22 と第 4 のチャネル 24 とは自由に連絡する。第 1 のチャネル 21 と第 3 のチャネル 23 との間の連絡は、第 2 のチャネル 22 と第 4 のチャネル 24 との間の連絡とは独立したものである。

【0019】例としては、屈折率が整合した作動流体 41 は、メタビロール、混合アルコール、グリコールとアルコールとの混合物、及び前記のものと水との混合物から成る。

【0020】光路変更スイッチング液体 42 は、より詳細には作動流体 41 と混和せず、円滑なインタフェースを有しかつ屈折率が作動流体 41 とは十分に異なっていて、光の方向の必要な変更を行うことができるような液体であれば、どのような液体であってもよい。この液体 42 としては、例えば、水銀、ガリウム/インジウム混合物等の低温合金、ポリシリコンの液体、及びハロゲン化炭化水素の液体が含まれる。ハロゲン化炭化水素の液体の具体例としては、ブロモホルム、クロロホルム、及びポリフッ素化ポリエーテル系のいかなる物質も含まれる。

【0021】以上において、気泡についてのメンテナンスを長期間にわたり行う必要がなく、かつ、状態を定期的にリセットする必要がないような、信頼性が高く安定した熱気泡光スイッチを開示した。

【0022】以上を要約すると、次の通りである。光チャネル21、22、23、24を介する光の伝送を制御するための熱光学スイッチ素子は、スイッチング管路60を備えており、このスイッチング管路60内には、光チャネルに整合された屈折率を有する作動流体41と、作動流体41とは実質的に混和し得ない物質であってかつ光チャネルに整合された屈折率とは異なる屈折率を有する或る量の光路変更物体（すなわち光路変更スイッチング液体42）を含んでいる。マイクロヒータ（ヒータ抵抗器31、32）は、2つのスイッチ状態の間において光路変更物質を移動させるために、作動流体41内に圧力バースを発生する。

【0023】上記の記載の記載により本発明の具体的な実施形態を説明しかつ例示したが、特許請求の範囲によって規定される本発明の範囲及び精神から逸脱することなく、当業者によって、その様々な変形及び変更を行うことが可能である。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による熱光学スイッチの断面図である。＊

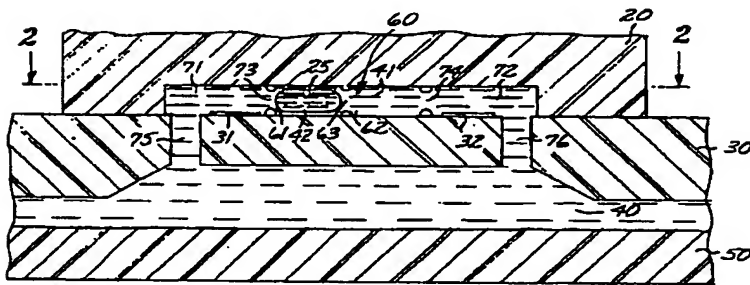
＊【図2】図1の熱光学スイッチの具体的な一実施形態を示す平面図である。

【図3】図1の熱光学スイッチの他の実施形態を示す平面図である。

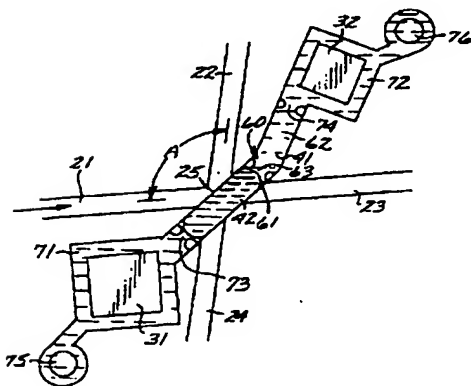
【符号の説明】

- 20 光チャネルプレート（光導波路プレート）
- 21 第1の光チャネル
- 22 第2の光チャネル
- 23 第3の光チャネル
- 24 第4の光チャネル
- 31 第1のヒータ抵抗器
- 32 第2のヒータ抵抗器
- 41 作動流体
- 42 光路変更スイッチング液体（光路変更物質）
- 60 スwitching管路
- 61 第1のチャンバ（スイッチチャンバ）
- 62 第2のチャンバ（保持チャンバ）
- 71 第1の圧力発生チャンバ
- 72 第2の圧力発生チャンバ

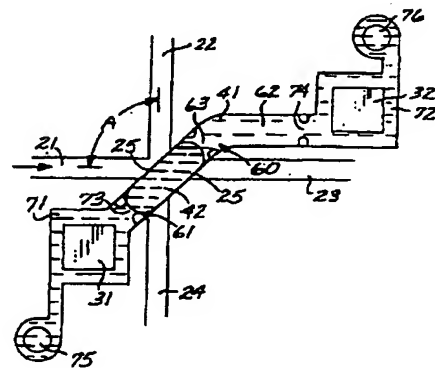
【図1】



【図3】



【図2】



フロントページの続き

(72)発明者 アルフレッド・バン  
アメリカ合衆国カリフォルニア州94087,  
サニーベール, ケンナード・ウェイ 1676

F ターム(参考) 2H041 AA15 AB32 AC02 AC07 AZ01  
AZ05 AZ08